

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-231368

(43)Date of publication of application : 27.08.1999

(51)Int.Cl.

G03B 5/00

(21)Application number : 10-034572

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 17.02.1998

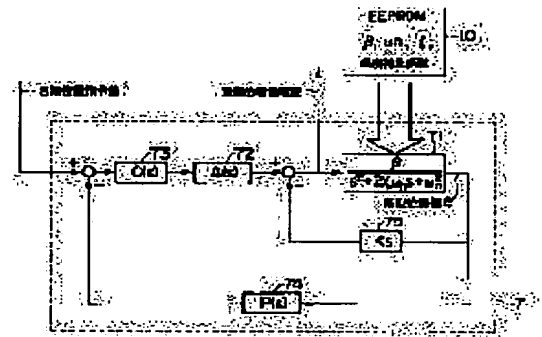
(72)Inventor : TAKEUCHI HIROSHI
USUI KAZUTOSHI

(54) BLUR CORRECTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately correct shake without using a special sensor.

SOLUTION: An ideal driving current arithmetic part 7 arithmetically calculates an ideal driving current obtained when acceleration is not applied to a blur correction lens. A pseudo actuator 71 is the model of an actuator performing the same behavior as the real actuator, and the model is described by setting intrinsic angular frequency as ω_n , an attenuation constant as ζ and an actuator driving ability constant as β . An EEPROM 10 stores the constants in the case of adjustment, and the arithmetic part 7 reads out the constants at the time of correcting the shake and calculates the ideal driving current. A difference between the driving current flowing to the real actuator and the ideal driving current is a signal component corresponding to the acceleration by camera shake. Since the target position of the blur correction lens is calculated based on the signal component, the special sensor such as an angular velocity sensor is not required.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (6-10)

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 1 1 - 2 3 1 3 6 8

(43)公開日 平成11年(1999)8月27日

(51)Int. Cl.⁶

G 0 3 B 5/00

識別記号

F I

G 0 3 B 5/00

J

審査請求 未請求 請求項の数 1 3 O L

(全 2 2 頁)

(21)出願番号 特願平10-34572

(22)出願日 平成10年(1998)2月17日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 竹内 宏

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72)発明者 臼井 一利

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

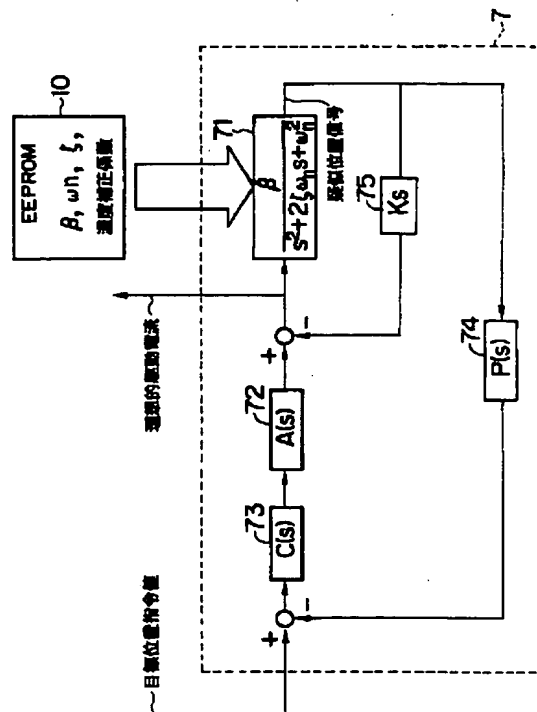
(74)代理人 弁理士 鎌田 久男

(54)【発明の名称】ブレ補正装置

(57)【要約】

【課題】 特別なセンサを用いることなく高精度にブレを補正することができるブレ補正装置を提供する。

【解決手段】 理想的駆動電流演算部7は、ブレ補正レンズが加速度を受けなかったときの理想的な駆動電流を演算する。疑似アクチュエータ71は、実際のアクチュエータと同様の挙動をするアクチュエータのモデルであり、固有角振動数 ω_n 、減衰定数 ξ 、アクチュエータ駆動能力定数 β などによってモデルを記述する。EEPROM10は、これらの定数を調整時に記憶し、理想的駆動電流演算部7は、これらの定数をブレ補正時に読み出して、理想的駆動電流を演算する。実際のアクチュエータに流れる駆動電流と理想的駆動電流の差は、手ブレによる加速度に対応する信号成分である。ブレ補正レンズの目標位置は、この信号成分に基づいて演算できるために、角速度センサなどの特別なセンサが必要ない。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プレを補正するブレ補正光学系と、
前記ブレ補正光学系を駆動する駆動部と、
前記ブレ補正光学系がブレによる加速度を受けたときの
駆動信号を検出する駆動信号検出部と、
前記ブレ補正光学系がブレによる加速度を受けなかった
ときの理想的駆動信号を演算する理想的駆動信号演算部
と、
前記駆動信号と前記理想的駆動信号とに基づいて、位置
指令値を演算する位置指令値演算部と、
前記位置指令値に基づいて、前記駆動部を制御する制御
部と、
前記理想的駆動信号を演算するための定数及び／又は係
数を記憶する記憶部とを含み、
前記理想的駆動信号演算部は、前記定数及び／又は前記
係数と前記位置指令値とに基づいて、前記理想的駆動信
号を演算すること、
を特徴とするブレ補正装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のブレ補正装置におい
て、
前記記憶部は、前記駆動部に関する固有角振動数、減衰
定数及び駆動能力定数を記憶すること、
を特徴とするブレ補正装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は請求項 2 に記載のブレ補正
装置において、
温度を検出する温度検出部を備え、
前記記憶部は、温度補正係数を記憶し、
前記理想的駆動信号演算部は、前記温度検出部が検出し
た温度と前記温度補正係数とに基づいて、前記定数及び
／又は前記係数の少なくとも一部を補正して、前記理想
的駆動信号を演算すること、
を特徴とするブレ補正装置。

【請求項 4】 請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1
項に記載のブレ補正装置において、
前記記憶部は、前記理想的駆動信号演算部の周波数特性
に関する係数を記憶すること、
を特徴とするブレ補正装置。

【請求項 5】 請求項 1 から請求項 4 までのいずれか 1
項に記載のブレ補正装置において、
前記記憶部は、書換え可能な記憶素子であること、
を特徴とするブレ補正装置。

【請求項 6】 プレを補正するブレ補正光学系と、
前記ブレ補正光学系を駆動する駆動部と、
前記ブレ補正光学系がブレによる加速度を受けたときの
駆動信号を検出する駆動信号検出部と、
前記ブレ補正光学系がブレによる加速度を受けなかった
ときの理想的駆動信号を演算する理想的駆動信号演算部
と、
前記駆動信号と前記理想的駆動信号とに基づいて、位置
指令値を演算する位置指令値演算部と、

前記位置指令値に基づいて、前記駆動部を制御する制御
部とを含み、
前記理想的駆動信号演算部は、少なくとも 2 次以上の遅
れ系で近似されており、前記位置指令値に基づいて、前
記理想的駆動信号を演算すること、
を特徴とするブレ補正装置。

【請求項 7】 請求項 6 に記載のブレ補正装置におい
て、
前記理想的駆動信号演算部は、固有角振動数、減衰定数
及び駆動能力定数によって、前記駆動部のモデルを表現
すること、
を特徴とするブレ補正装置。

【請求項 8】 請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1
項に記載のブレ補正装置において、
前記ブレ補正光学系が重力加速度を受けるときに生ずる
信号を、前記駆動信号から除去するフィルタ部を備える
こと、
を特徴とするブレ補正装置。

【請求項 9】 請求項 8 に記載のブレ補正装置におい
て、
前記フィルタ部は、直流成分を除去する D C カットフィ
ルタであり、
前記 D C カットフィルタの出力信号を A / D 変換する A
/ D 変換器を備えること、
を特徴とするブレ補正装置。

【請求項 1 0】 請求項 1 から請求項 7 までのいずれか
1 項に記載のブレ補正装置において、
前記ブレ補正光学系が重力加速度を受けるときに生ずる
信号を、前記駆動信号及び前記理想的駆動信号から除去
して積分する積分部を備えること、
を特徴とするブレ補正装置。

【請求項 1 1】 請求項 1 から請求項 1 0 までのいずれ
か 1 項に記載のブレ補正装置において、
前記位置指令値を修正して、修正位置指令値を出力する
位置指令値修正部を備え、
前記制御部は、前記修正位置指令値に基づいて、前記ブ
レ補正光学系の可動限界よりも狭い範囲で、このブレ補
正光学系を前記駆動部に駆動させること、
を特徴とするブレ補正装置。

【請求項 1 2】 請求項 1 から請求項 1 0 までのいずれ
か 1 項に記載のブレ補正装置において、
前記ブレ補正光学系の駆動位置を検出し、位置検出信号
を出力する位置検出部と、
前記位置検出信号に基づいて、前記位置指令値を修正し
て、修正位置指令値を出力する駆動位置修正部とを含
み、
前記制御部は、前記修正位置指令値に基づいて、前記ブ
レ補正光学系の可動範囲の中心又はその近傍で、このブ
レ補正光学系を前記駆動部に駆動させること、を特徴と
するブレ補正装置。

【請求項 1 3】 請求項 1 から請求項 1 2 までのいずれか 1 項に記載のブレ補正装置において、前記位置指令値又は前記修正位置指令値は、前記制御部及び前記理想的駆動信号演算部に、同じ値で同時に入力すること、を特徴とするブレ補正装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、カメラなどにおける手ブレなどによるブレを補正するブレ補正装置に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】従来より、カメラが振動することにより生ずる像面でのブレを補正するために、撮影光学系の一部を構成するブレ補正光学系（以下、ブレ補正レンズという）を光軸と略直交する方向などに駆動して、ブレをキャンセルするブレ補正装置が知られている。このようなブレ補正装置は、角速度センサや加速度センサなどによって手ブレを検出し、この検出信号に基づいて駆動信号を演算する。ブレ補正レンズは、光軸方向と略直交に移動可能なように支持されている。アクチュエータは、この駆動信号に基づいて、結像面（フィルム面）でのブレを打ち消す方向に、ブレ補正レンズを駆動する。

【0 0 0 3】撮影時においてカメラブレの原因となるブレには、ピッチング、ヨーイング、縦の平行ブレ、横の平行ブレ及びローリングなどがある。ピッチング及びヨーイングは、近接撮影ではなく、かつ、撮影倍率が小さいときには、フィルム面上で大きなブレとして影響し、相対的に光軸 I を動かしてフィルム面上の像を動かしてしまう。このために、従来のブレ補正装置は、ピッチング及びヨーイングの影響のみを補正するものが多い。

【0 0 0 4】図 1 1 は、従来のブレ補正装置を搭載したカメラシステムの斜視図である。図 1 2 は、従来のブレ補正装置における信号の流れを示すブロック図である。なお、図 1 2 は、図 1 1 に示す x 軸方向の信号の流れを示し、y 軸方向の信号の流れは、x 軸方向の信号の流れと同じであり、図示を省略する。

【0 0 0 5】角速度センサ 1 6 0 は、カメラのピッチング及びヨーイングを検出するセンサである。角速度センサ 1 6 0 は、図中 x 軸方向と y 軸方向にそれぞれ 1 台ずつ設けられており、それぞれピッチング検出用とヨーイング検出用のセンサである。角速度センサ 1 6 0 は、通常、コリオリ力を検出する圧電振動ジャイロ型角速度センサを使用する。角速度センサ 1 6 0 は、積分器 6 0 0 に接続されている。

【0 0 0 6】積分器 6 0 0 は、角速度センサ 1 6 0 が出力するブレ検出信号を時間で積分するものである。積分器 6 0 0 は、このブレ検出信号（角速度信号）をカメラのブレ角度に変換して、ブレ補正レンズ 1 3 0 を目標位置に駆動するための目標位置信号を、サーボ回路 3 0 0

に出力する。

【0 0 0 7】ブレ補正レンズ 1 3 0 は、光軸 I と略直交する平面内で駆動することによって、像面に結像する像を動かしてブレを補正するレンズである。ブレ補正レンズ 1 3 0 は、ピッチング、ヨーイングなどのカメラの動きに伴う光軸 I の動きをキャンセルする方向に駆動して、フィルム面上での像の動きを止めて、手ブレを補正する。ブレ補正レンズの動きとカメラのブレ角には、以下の数 1 に示す関係がある。

【0 0 0 8】

【数 1】

$$X \approx f \times \theta / \alpha$$

【0 0 0 9】ここで、X は、ブレ補正レンズの動き（mm）であり、f は、焦点距離（mm）であり、 θ は、カメラのブレ角（rad）であり、 α は、補正光学系補正定数である。補正光学系補正定数 α は、ブレ補正レンズの移動量に対する像面での像の移動量の比を表し、光学系の設計によって変化する。

【0 0 1 0】ブレ補正レンズ 1 3 0 は、光軸 I と略直交する平面内で移動可能なように、例えば、光軸 I 方向に高い剛性を備えた図示しない弾性支持部材により、片持ち式に支持されている。このために、ブレ補正レンズ 1 3 0 は、光軸 I に対して略直交する方向の力が加わると、光軸 I と略直交する平面内で移動することができ、また、ブレ補正レンズ 1 3 0 は、その可動部を鋼球を介して、光軸 I と直交する平面にばねなどで押し付けて支持したり、スライド部材やリンク部材などを介して支持してもよい。

【0 0 1 1】サーボ回路 3 0 0 は、目標位置信号に基づいてブレ補正レンズ 1 3 0 を駆動するための回路である。サーボ回路 3 0 0 は、位置検出センサ 4 0 0 が検出したブレ補正レンズ 1 3 0 の位置が、ブレ補正レンズ 1 3 0 の目標位置に追従するように、アクチュエータ 1 0 0 を駆動するための駆動信号を演算する。サーボ回路 3 0 0 は、PWM ドライバ 2 0 0 に接続されている。

【0 0 1 2】PWM ドライバ 2 0 0 は、入力した駆動信号（駆動電圧）に応じて、アクチュエータ 1 0 0 に駆動電流を流すためのものである。

【0 0 1 3】アクチュエータ 1 0 0 は、ブレ補正レンズ 1 3 0 を x 軸方向及び y 軸方向に駆動するためのものである。アクチュエータ 1 0 0 は、図中 x 軸方向と y 軸方向にそれぞれ 1 台ずつ設けられており、それぞれブレ補正レンズ 1 3 0 を x 軸方向、y 軸方向に駆動する。

【0 0 1 4】位置検出センサ 4 0 0 は、ブレ補正レンズ 1 3 0 の x 軸方向及び y 軸方向の位置をモニタするセンサである。位置検出センサ 4 0 0 は、光軸 I を挟み、アクチュエータ 1 0 0 と対向する位置に設けられている。位置検出センサ 4 0 0 は、図中 x 軸方向と y 軸方向にそれぞれ 1 台ずつ設けられており、それぞれブレ補正レンズ 1 3 0 の x 軸方向、y 軸方向における位置を検出す

る。位置検出センサ 4 0 0 は、例えば、ブレ補正レンズ 1 3 0 を光学的にモニタするものであり、ブレ補正レンズ 1 3 0 の位置に応じた位置検出信号を、サーボ回路 3 0 0 にフィードバックする。

【0 0 1 5】このようなブレ補正装置は、リリースボタンを撮影者が半押し動作して、カメラが撮影準備状態であるときや、リリースボタンを撮影者が全押し動作して露光動作をするときに、ブレ補正レンズ 5 1 0 を駆動する。その結果、シャッタ秒時を通常よりも長く設定しても、ブレのない写真を撮影することができる。

【0 0 1 6】このような従来のブレ補正装置としては、例えば、特開平 6 - 3 5 0 2 3 号公報に開示されたブレ補正装置が知られている。このブレ補正装置は、ピッチ方向及びヨー方向のブレを検出する角速度センサと、ブレを補正するブレ補正レンズと、このブレ補正レンズを駆動するアクチュエータなどを備えている。

【0 0 1 7】

【発明が解決しようとする課題】従来のブレ補正装置は、ブレを検出するために、角速度センサなどのセンサを必要としている。しかし、これらのセンサは、高価であるために、ブレ補正装置を備えたカメラなどの撮影機器も高価になってしまうという問題があった。

【0 0 1 8】本発明の課題は、特別なセンサを用いることなくブレを高精度に補正することができるブレ補正装置を提供することである。

【0 0 1 9】

【課題を解決するための手段】本発明は、以下のような解決手段により、前記課題を解決する。なお、理解を容易にするために、本発明の実施形態に対応する符号を付して説明するが、これに限定するものではない。すなわち、請求項 1 の発明は、ブレを補正するブレ補正光学系 (1 3) と、前記ブレ補正光学系を駆動する駆動部 (1) と、前記ブレ補正光学系がブレによる加速度を受けたときの駆動信号を検出する駆動信号検出部 (5) と、前記ブレ補正光学系がブレによる加速度を受けなかったときの理想的駆動信号を演算する理想的駆動信号演算部 (7) と、前記駆動信号と前記理想的駆動信号とに基づいて、位置指令値を演算する位置指令値演算部 (6) と、前記位置指令値に基づいて、前記駆動部を制御する制御部 (3) と、前記理想的駆動信号を演算するための定数及び／又は係数を記憶する記憶部 (1 0) とを含み、前記理想的駆動信号演算部は、前記定数及び／又は前記係数と前記位置指令値とに基づいて、前記理想的駆動信号を演算することを特徴とするブレ補正装置である。

【0 0 2 0】請求項 2 の発明は、請求項 1 に記載のブレ補正装置において、前記記憶部は、前記駆動部に関する固有角振動数 (ω_n)、減衰定数 (ζ) 及び駆動能力定数 (β) を記憶することを特徴とするブレ補正装置である。

【0 0 2 1】請求項 3 の発明は、請求項 1 又は請求項 2 に記載のブレ補正装置において、温度を検出する温度検出部 (1 5) を備え、前記記憶部は、温度補正係数を記憶し、前記理想的駆動信号演算部は、前記温度検出部が検出した温度と前記温度補正係数とに基づいて、前記定数及び／又は前記係数の少なくとも一部を補正して、前記理想的駆動信号を演算することを特徴とするブレ補正装置である。

【0 0 2 2】請求項 4 の発明は、請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 項に記載のブレ補正装置において、前記記憶部は、前記理想的駆動信号演算部の周波数特性に関する係数を記憶することを特徴とするブレ補正装置である。

【0 0 2 3】請求項 5 の発明は、請求項 1 から請求項 4 までのいずれか 1 項に記載のブレ補正装置において、前記記憶部は、書換え可能な記憶素子であることを特徴とするブレ補正装置である。

【0 0 2 4】請求項 6 の発明は、ブレを補正するブレ補正光学系 (1 3) と、前記ブレ補正光学系を駆動する駆動部 (1) と、前記ブレ補正光学系がブレによる加速度を受けたときの駆動信号を検出する駆動信号検出部

(5) と、前記ブレ補正光学系がブレによる加速度を受けなかったときの理想的駆動信号を演算する理想的駆動信号演算部 (7) と、前記駆動信号と前記理想的駆動信号とに基づいて、位置指令値を演算する位置指令値演算部 (6) と、前記位置指令値に基づいて、前記駆動部を制御する制御部 (3) とを含み、前記理想的駆動信号演算部は、少なくとも 2 次以上の遅れ系で近似されており、前記位置指令値に基づいて、前記理想的駆動信号を演算することを特徴とするブレ補正装置である。

【0 0 2 5】請求項 7 の発明は、請求項 6 に記載のブレ補正装置において、前記理想的駆動信号演算部は、固有角振動数 (ω_n)、減衰定数 (ζ) 及び駆動能力定数 (β) によって、前記駆動部のモデルを表現することを特徴としているブレ補正装置である。

【0 0 2 6】請求項 8 の発明は、請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1 項に記載のブレ補正装置において、前記ブレ補正光学系が重力加速度を受けるときに生ずる信号を、前記駆動信号から除去するフィルタ部 (8) を備えることを特徴とするブレ補正装置である。

【0 0 2 7】請求項 9 の発明は、請求項 8 に記載のブレ補正装置において、前記フィルタ部は、直流成分を除去する DC カットフィルタ (8) であり、前記 DC カットフィルタの出力信号を A/D 変換する A/D 変換器 (9) を備えることを特徴とするブレ補正装置である。

【0 0 2 8】請求項 1 0 の発明は、請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1 項に記載のブレ補正装置において、前記ブレ補正光学系が重力加速度を受けるときに生ずる信号を、前記駆動信号及び前記理想的駆動信号から除去して積分する積分部 (6 1) を備えることを特徴とする

ブレ補正装置である。

【0029】請求項 11 の発明は、請求項 1 から請求項 10 までのいずれか 1 項に記載のブレ補正装置において、前記位置指令値を修正して、修正位置指令値を出力する位置指令値修正部 (11) を備え、前記制御部は、前記修正位置指令値に基づいて、前記ブレ補正光学系の可動限界よりも狭い範囲で、このブレ補正光学系を前記駆動部に駆動させることを特徴とするブレ補正装置である。

【0030】請求項 12 の発明は、請求項 1 から請求項 10 までのいずれか 1 項に記載のブレ補正装置において、前記ブレ補正光学系の駆動位置を検出し、位置検出信号を出力する位置検出部 (4) と、前記位置検出信号に基づいて、前記位置指令値を修正して、修正位置指令値を出力する駆動位置修正部 (12) とを含み、前記制御部は、前記修正位置指令値に基づいて、前記ブレ補正光学系の可動範囲の中心又はその近傍で、このブレ補正光学系を前記駆動部に駆動させることを特徴とするブレ補正装置である。

【0031】請求項 13 の発明は、請求項 1 から請求項 12 までのいずれか 1 項に記載のブレ補正装置において、前記位置指令値又は前記修正位置指令値は、前記制御部及び前記理想的駆動信号演算部に、同じ値で同時に入力することを特徴とするブレ補正装置である。

【0032】

【発明の実施の形態】 (第 1 実施形態) 以下、図面を参照して、本発明の第 1 実施形態について、さらに詳しく説明する。まず、本発明の第 1 実施形態に係るブレ補正装置を一眼レフカメラに搭載した例を挙げて説明する。図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係るブレ補正装置を搭載したカメラシステムのブロック図である。なお、以下では、図 11 及び図 12 に示す部材又はブロックと同一の部材又はブロックは、対応する番号を付して説明し、詳細な説明は省略する。また、以下では、一つの軸に対する加速度を検出する場合を例に挙げて、説明する。本発明の第 1 実施形態に係るブレ補正装置は、図 1 に示すように、カメラボディ 80 に着脱自在に装着された交換レンズ 70 に搭載されている。

【0033】 (交換レンズ) 交換レンズ 70 は、アクチュエータ 1 と、ドライバ 2 と、位置検出センサ 4 と、駆動電流測定装置 5 と、ブレ補正レンズ 13 と、ブレ補正 CPU 30 と、EEPROM 10 と、温度検出部 15 と、レンズ側 CPU 40 と、EEPROM 41 と、焦点距離検出部 42 と、被写体距離検出部 43 などを備えている。

【0034】ブレ補正レンズ 13 は、撮影光学系の一部又は全部を構成し、主光学系の光軸 I に対して略直交する方向に駆動することによって、ブレを補正するレンズである。このブレ補正レンズ 13 は、その外周部がレンズ枠 14 の内周部に保持されており、このレンズ枠 14

は、光軸 I 方向に所定の剛性を備えるワイヤ 1g によって、xy 平面内で移動自在となるように片持ち支持されている。

【0035】アクチュエータ 1 は、ドライバ 2 が出力する駆動電流を、ブレ補正レンズ 13 を駆動する駆動力に変換し、ブレ補正レンズ 13 を x 軸方向に駆動するものである。アクチュエータ 1 は、例えば、ムービングコイル型の電磁的なアクチュエータによって、ブレ補正レンズ 13 を駆動する。アクチュエータ 1 は、取付部材 1f に取り付けられたヨーク 1d と、このヨーク 1d との間に磁界を形成するマグネット 1b と、ヨーク 1d とマグネット 1b との間に配置され、レンズ枠 14 に取り付けられたコイル 1a と、取付部材 1e のレンズ枠 14 側の面に取り付けられ、マグネット 1c を固定するヨーク 1c と、取付部材 1e に対してレンズ枠 14 を移動自在に指示するワイヤ 1g とを備えている。アクチュエータ 1 は、マグネット 1b、ヨーク 1d などとの間で磁気回路を形成している。なお、ブレ補正レンズ 13 を y 軸方向に駆動するアクチュエータは、アクチュエータ 1 と同一構造であり、図示を省略する。

【0036】アクチュエータ 1 は、磁力線の中にあるコイル 1a に電流が流れると、電流の流れる方向及び磁力線の方向に対して直角方向に、フレミングの左手の法則によって電磁力を発生する。アクチュエータ 1 は、ドライバ 2 がコイル 1a に駆動電流を流すと、光軸 I に略直交する方向の駆動力を発生して、ブレ補正レンズ 13 を目標位置に追従して駆動する。

【0037】本発明の第 1 実施形態では、ビッチングとヨーイングに対応する加速度を検出するセンサとして、アクチュエータ 1、ブレ補正レンズ 13 及びレンズ枠 14 を兼用している。このために、精度のよいアクチュエータなどのモデルを、ブレ補正装置内に備えている必要があり、アクチュエータ 1 などは、数学的にモデル化しやすい構造に設計することが好ましい。スライド部材や鋼球などを介して、転がりや摺動によってレンズ枠 14 を支持する構造では、力に対する変位の動特性のモデルとして、固体摩擦による不感帯のような、非線形で精度の悪い要素が入り好ましくない。一方、弾性支持部材が可動部を支持する構造では、簡単で精度のよい線形なモデルによって、動特性を表すことができる。アクチュエータ 1 は、4 本のワイヤ 1g を光軸 I と平行に張り、一端を取付部材 4e に固定し、他端をレンズ枠 14 に固定して、ワイヤ 1g と直交する平面内 (xy 平面内) でブレ補正レンズ 13 を平行移動可能としている。

【0038】位置検出センサ 4 は、ブレ補正レンズ 13 の x 軸方向の位置を光学的にモニタするセンサである。位置検出センサ 4 は、取付部材 4a に取り付けられた赤外発光ダイオード (IRED) (以下、LED という) 4b と、取付部材 4e に取り付けられた 1 次元の位置検出素子 (Position Sensitive De

vice (以下、PSDという)) 4dと、LED 4bとPSD 4dとの間に配置され、かつ、レンズ枠14の外周部に取り付けられ、LED 4bからの光束を制限するスリット部材4cとを備えている。位置検出センサ4は、LED 4bから投光され、スリット部材4cを通してPSD 4dに入射する赤外光を検出する構造となっている。位置検出センサ4は、スリット部材4cが移動することにより、PSD 4d上で移動する光の位置を検出し、ブレ補正レンズ13の実際の駆動位置を検出する。位置検出センサ4は、ブレ補正レンズ13の位置に応じた位置検出信号を、ブレ補正CPU 30にフィードバックする。なお、ブレ補正レンズ13のy軸方向の位置を検出する位置検出センサは、位置検出センサ4と同一構造であり、図示を省略する。

【0039】ドライバ2は、ブレ補正CPU 30が出力する位置指令値に基づいて、アクチュエータ1に電力を供給するものである。ドライバ2は、例えば、消費電力の少ないPWMドライバである。ドライバ2は、電流増幅を行って、アクチュエータ1のコイル1a及び駆動電流測定装置5に、駆動電流(駆動信号)を流す。

【0040】駆動電流測定装置5は、ドライバ2が出力する駆動電流を測定する装置である。駆動電流測定装置5は、例えば、この駆動電流を抵抗に通し、その両端電位差をとることによって、ブレ補正レンズ13がブレによる加速度を受けたときの駆動電流を検出する。駆動電流測定装置5は、この駆動電流をサンプリング及びA/D変換して、デジタル信号として連続的に取り込む。駆動電流測定装置5は、検出した駆動電流値を位置指令値演算部6に出力する。

【0041】ブレ補正CPU 30は、駆動電流測定装置が測定した駆動電流及び位置検出センサ4が出力する位置検出信号に基づいて、ブレ補正レンズ13を目標位置に駆動するための位置指令値を演算したり、ブレ補正レンズ13の実際の位置と位置指令値との偏差が、所定値よりも小さいか否かを判断したりする中央処理部である。ブレ補正CPU 30は、交換レンズ70とカメラボディ80との間に設けられたレンズ接点60を介して、ボディ側CPU 50に接続されており、ボディ側CPU 50との間で通信が可能である。ブレ補正CPU 30には、ドライバ2と、位置検出センサ4と、駆動電流測定装置5と、EEPROM 10と、温度検出部15と、レンズ側CPU 40とが接続されている。

【0042】温度検出部15は、カメラの温度をモニタするものである。温度検出部15は、検出した温度に関する温度情報をブレ補正CPU 30に出力する。

【0043】レンズ側CPU 40は、例えば、EEPROM 41から読み出したレンズデータ、焦点距離検出部42が出力する焦点距離情報、被写体距離検出部43が出力する被写体距離情報などをブレ補正CPU 30に送信したりする中央処理部である。レンズ側CPU 40に

は、交換レンズ70に関する種々の固有情報であるレンズデータを書き込んだEEPROM 41と、焦点距離を検出して、焦点距離に関する焦点距離情報を出力する焦点距離検出部42と、被写体距離を検出して、被写体距離に関する被写体距離情報を出力する被写体距離検出部43とが接続されている。

【0044】(カメラボディ) カメラボディ80は、ボディ側CPU 50と、リリーススイッチ52と、表示装置53と、ファインダスクリーン91、ファインダ光学系92及び接眼レンズ93に、撮影光学系を透過してきた光束を振り分けるクイックリターンミラー90と、クイックリターンミラー90を駆動するミラー駆動部94などを備えている。

【0045】ボディ側CPU 50は、例えば、リリーススイッチ52のON動作に基づいてブレ補正開始信号を発生して、ブレ補正レンズ13の駆動開始をブレ補正CPU 30に指示したり、表示装置53に所定の表示を指示したり、ミラー駆動部94を駆動制御したりする中央処理部である。ボディ側CPU 50には、リリーススイッチ52と、表示装置53と、ミラー駆動部94とが接続されている。

【0046】リリーススイッチ52は、図示しないリリースボタンの半押し動作を検出して、一連の撮影準備動作を開始するとともに、リリースボタンの全押し動作を検出して、ミラー駆動部94の駆動などの撮影動作を開始させるスイッチである。

【0047】表示部53は、ブレ補正動作に関する情報を表示するものである。表示部53は、例えば、LEDや液晶表示装置などによって、ブレ補正動作を正常に行っているときには、ファインダ91内にその旨を表示する。

【0048】図2は、本発明の第1実施形態に係るブレ補正装置における信号の流れを示すブロック図である。図2は、アクチュエータ1がブレ補正レンズ13に加えた力に対して、このブレ補正レンズ13の位置がどのように変化するのかを示すブロック図である。本発明の第1実施形態に係るブレ補正装置は、角速度センサや加速度センサなどの特別のセンサを用いずに、ブレ補正レンズ13及びレンズ枠14の質量と、これらを駆動するアクチュエータ1を加速度センサとして兼用している。このブレ補正装置は、演算した加速度に基づいて、カメラのブレを演算し、アクチュエータによってブレ補正レンズ13を駆動して、像面における像のブレを補正している。このようなアクチュエータを利用した加速度センサは、サーボ型加速度計の拡張といえる。

【0049】サーボ型加速度計は、計測する加速度の軸方向に駆動可能なように支持され、ある質量をもつ可動部と、この可動部を駆動する電磁アクチュエータと、この可動部の位置を検出するセンサなどを備えている。位置検出センサは、可動部の位置を常にモニタしており、

電磁アクチュエータとクローズドループを形成している。そして、電磁アクチュエータは、可動部の位置がある一点に固定するように、この可動部を駆動している。このサーボ型加速度計に加速度が加わると、慣性によって可動部が微小に動き、この動きをキャンセルするように電磁アクチュエータに電流が流れる。したがって、電磁アクチュエータに流れる電流を測定することによって、サーボ型加速度計に加わる加速度に比例した信号を得ることができる。

【0050】アクチュエータ1は、ブレ補正レンズ13及びレンズ枠14が質量をもつ可動部に相当すると考えると、サーボ型加速度計と非常に似た構成になる。ただし、サーボ型加速度計は、可動部の位置を一定に駆動制御するのに対して、アクチュエータ1は、時間によって変化する目標位置に、可動部を追従して駆動制御する点異なる。

【0051】制御部3は、位置指令値に応じた位置に、ブレ補正レンズ13の位置が一致し追従するように、ドライバ2に駆動信号を出力するサーボ回路に相当する部分である。制御部3は、位置指令値演算部6が演算した位置指令値と、位置検出センサ4のPSD4dが出力する位置検出信号とを比較してゲインを掛けるとともに、必要に応じて適切な位相補償などを行ってから、ドライバ2に駆動電流を出力する。

【0052】理想的駆動電流演算部7は、ブレ補正レンズ13がブレによる加速度を受けなかったときのアクチュエータ1の理想的な駆動電流を演算するものである。理想的駆動電流演算部7は、位置指令値演算部6が演算した位置指令値に基づいて、手ブレによる加速度がない状態での仮想的な駆動電流（理想的駆動電流）を演算して、この理想的駆動電流を位置指令値演算部6に出力する。

【0053】アクチュエータ1に流れる電流は、サーボ型加速度計に加わる加速度に応じた電流成分と、ブレ補正レンズ13を目標位置に駆動するための電流成分とを合成したものを含んでいる。理想的駆動電流演算部7は、この加速度に応じた電流成分を取り出すために、実際のアクチュエータ1、ドライバ2、制御部3及び位置検出センサ4など（以下、実際のシステムという）と同様の挙動をするフィードバック系のモデル（以下、疑似システムという）を内部に備えている。理想的駆動電流演算部7は、入力した位置指令値に応じて変化する理想的駆動電流を、シミュレーションして演算する。理想的駆動電流演算部7は、アクチュエータ1のコイル1aに流れる電流が、手ブレ加速度がないときにどのような値になるかをシミュレーションし、実際のコイル1aに流れる電流とシミュレーションした電流とを比較することによって、その差分を演算することができる。理想的駆動電流演算部7は、例えば、ソフトウェアによってモデルを記述して、マイクロプロセッサで演算を行う。

【0054】図3は、本発明の第1実施形態に係るブレ補正装置における理想的駆動電流演算部内の信号の流れを示すブロック図である。理想的駆動電流演算部7は、疑似アクチュエータ71と、疑似ドライバ72と、疑似制御部73と、疑似位置検出センサ74と、逆起電圧モデル75とからなる。

【0055】疑似制御部73は、実際の制御部3と同様な挙動をする制御部のモデルである。疑似制御部73は、実際の制御部3と同じ演算をモデルとし、実際の制御部3と同等の演算をソフトウェアで行う。

【0056】疑似ドライバ部72は、実際のドライバ2と同様な挙動をするドライバのモデルである。疑似ドライバ部72は、実際にはPWMドライバを用いているが、コイルのインダクタンスのために電流はパルス的ではなく、ほぼ滑らかに流れるために、電圧ドライバと同様に考えることができる。この場合に、アクチュエータ1のコイル1aを逆起電圧モデル75を考慮に入れることによって、アクチュエータ1のコイル1aに流れる電流値を求めるモデルを作ることができる。

【0057】疑似位置検出センサ74は、実際の位置検出センサ4と同様な挙動をする位置検出センサのモデルである。疑似位置検出センサ74は、位置検出センサ4の感度を表す定数で表現することができる。

【0058】疑似アクチュエータ71は、実際のアクチュエータ1、ブレ補正レンズ13及びレンズ枠14と同様な挙動をするアクチュエータなどのモデルである。疑似アクチュエータ71は、機械的な動特性を数式に置き換えてモデルを作る必要がある。駆動力に対するブレ補正レンズ13の変位の伝達関数は、弾性支持部材によってブレ補正レンズ13を支持したときには、以下の数2に示すように、2次遅れ系の形で近似して示すことができる。

【0059】

【数2】

$$\frac{X}{F} = \frac{1}{ms^2 + cs + k}$$

【0060】ここで、Xは、ブレ補正レンズの動き（変位）であり、Fは、アクチュエータ駆動力であり、mは、可動部質量であり、cは、粘性係数であり、kは、ばね定数である。

【0061】また、疑似アクチュエータ71は、可動部質量m、粘性係数c、ばね定数kの代わりに、この系の固有角振動数、減衰定数、アクチュエータ駆動能力定数を使って、駆動電流に対するブレ補正レンズの変位の伝達関数として、以下の数3に示すように記述することができる。

【0062】

【数3】

$$\frac{X}{I} = \frac{\beta}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

【0063】ここで、Xは、ブレ補正レンズの動き（変位）であり、Iは、アクチュエータ駆動電流であり、 β は、アクチュエータ駆動能力定数、 ω_n は、固有角振動数であり、 ζ は、減衰定数である。

【0064】可動部質量m、粘性係数c、ばね定数kのうち、特に、粘性係数cの値を実験的に求めることは困難である。このために、アクチュエータ1などに関連するアクチュエータ駆動能力定数 β 、固有角振動数 ω_n 、減衰定数 ζ を調整時などに演算して、疑似アクチュエータ71のモデルをこれらの値によって表現するのが便利である。

【0065】EEPROM10は、理想的駆動電流演算部7が理想的駆動電流を演算するときの定数及び／又は係数を書換え可能に記憶する記憶装置である。EEPROM10は、ソフトウェアでモデルを記述して構成したときに、アクチュエータ駆動能力定数 β 、固有角振動数 ω_n 、減衰定数 ζ などの値を調整時又は出荷時に書き込んで記憶する。理想的駆動電流演算部7は、EEPROM10からこれらの値を、ブレ補正時に読み出して所定の演算に使用する。

【0066】アクチュエータ駆動能力定数 β 、固有角振動数 ω_n 、減衰定数 ζ は、一般的に、温度特性をもっている。例えば、アクチュエータ駆動能力定数 β は、磁気回路に使用するマグネット1bの特性や、コイル1aの特性によって左右する。マグネット1bの諸特性やコイル1aの電気抵抗などは、比較的大きな温度特性をもっているために、アクチュエータ駆動能力定数 β 、固有角振動数 ω_n 、減衰定数 ζ は、経時変化や温度などによって変化する可能性がある。EEPROM10は、温度特性を補正するための温度補正係数を、補正の必要な各定数を記憶している。このために、理想的駆動信号演算部7は、温度検出部15が検出した温度情報と、EEPROM10が記憶する温度補正係数とに基づいて、これらの定数を調整時に補正して、理想的駆動電流を演算する。なお、疑似アクチュエータ71は、そのモデルをアナログ回路で構成したときには、例えば、半固定抵抗などによって、これらの定数に対応する値を調整することができる。

【0067】このように、疑似アクチュエータ71、疑似ドライバ72、疑似制御部73、疑似位置検出センサ74及び逆起電圧モデル75をつなぎ合わせて、フィードバックループを作り、全体のモデルを構成することができる。理想的駆動電流演算部7は、ソフトウェアでモデルを構成したときには、入力した位置指令値に対する各変数をサンプリング時間毎に数値計算によってシミュレーションし、駆動電流を表す変数として出力する。このように、それぞれのモデルにおいてシミュレーション

を行って、それをつなげる形で全体を構成する方法は、非線形な要素などが途中に入っても実現することができる。また、温度特性などによって、諸定数などが変化しても、簡単にモデルを修正することができる。

【0068】図4は、本発明の第1実施形態に係るブレ補正装置における位置指令値演算部のブロック図である。位置指令値演算部6は、ブレ補正レンズ10を目標位置に駆動するための位置指令値を演算するものである。位置指令値演算部6は、積分器61と、ゲインコントローラ62と、重力加速度演算部63とを備えている。位置指令値演算部6は、駆動電流測定装置5が検出した駆動電流値と、理想的駆動電流演算部7が演算した理想的駆動電流値とを比較して、手ブレ加速度に応じた加速度信号を演算する。位置指令値演算部6は、光軸に直交する2方向の加速度に対応する加速度信号を、積分器61で2回積分して変位を求め、ゲインコントローラ62でゲインをかけて、ピッチング及びヨーイングのブレ角 θ を演算する。位置指令値演算部6は、このピッチング及びヨーイングのブレ角 θ に基づいて、像面におけるブレを打ち消すために、ブレ補正レンズ13の目標位置に関する位置指令値を数1によって演算する。なお、位置指令値演算部6は、制御部3及び理想的駆動電流演算部7に、同じ値の位置指令値を同時に出力する。

【0069】アクチュエータ1がブレ補正レンズ13を駆動するとき、ブレ補正レンズ13及びレンズ枠14などの可動部の質量に手ブレ加速度を掛けた力が、ブレ補正レンズ13に外乱として作用する。その結果、手ブレ加速度に起因する力によって、アクチュエータ1のコイル1aに電流が流れる。ブレ補正レンズ13の位置は、フィードバックがかかっているために位置指令値に追従するが、手ブレ加速度に起因する力は、余分な駆動電流値として影響を及ぼす。位置指令値演算部6は、外乱（手ブレ加速度）がない状態を仮想して求めた理想的駆動電流値と、実際の駆動電流値との差をとることによって、手ブレ加速度に比例した値（加速度信号）を演算する。この加速度信号の大きさは、手ブレ加速度の大きさと、アクチュエータ駆動能力定数 β によって、以下の数4により表すことができる。

【0070】

【数4】

$$\Delta I = a / \beta$$

【0071】ここで、 ΔI は、実際の駆動電流と理想的駆動電流との差（加速度信号）であり、 a は、手ブレによる加速度であり、 β は、アクチュエータ駆動能力定数であって、単位電流当たりで可動部に発生可能な加速度である。

【0072】重力加速度演算部63は、重力加速度を推定して演算する部分である。加速度信号 ΔI は、手ブレ加速度による信号に加えて、重力加速度による信号を含んでいるために、重力加速度による信号成分を加速度信

号ΔIから差し引いて、手ブレによる加速度成分を求める必要がある。重力によってサーボがかかっている状態では、ブレ補正レンズ13の目標位置指令値と実際の位置指令値との偏差が、僅かながら生ずる。

【0073】重力加速度演算部63は、重力推定のアルゴリズムの一例として、この偏差の方向と大きさを見ることによって、重力加速度による信号成分を推定することができる。また、重力加速度演算部63は、加速度信号のうち低周波成分又はDC成分を重力加速度による信号成分とみなし、低周波成分及びDC成分をDCカット

フィルタでカットして、重力加速度による信号成分を除去することもできる。

【0074】積分器61は、手ブレ加速度による信号成分を、変位の次元に直すためのものである。積分器61は、加速度信号を2回積分することによって、ブレ補正レンズ13の位置における手ブレによる変位に対応する値を演算する。重力加速度などのDC成分の信号を含む加速度信号を積分すると、積分結果が無限大に発散してしまう可能性がある。このために、積分器61は、DC成分を積分せずに、手ブレ周波数領域の信号のみを積分

する。

【0075】積分器61は、例えば、1次や2次のローパスフィルタによって構成することができる。この場合に、1次のローパスフィルタで1回目の積分を行って、2次のローパスフィルタで2回目の積分を行えば、これらのローパスフィルタのカットオフ周波数よりも高い周波数領域を使うことによって、手ブレ周波数領域を積分することができる。例えば、1次のローパスフィルタの20(dB/dec)でゲインが下がる領域と、2次のローパスフィルタの40(dB/dec)でゲインが下

がる領域とを使えば、手ブレ周波数領域を積分することができる。また、ローパスフィルタのカットオフ周波数は、補正の対象となる手ブレ周波数よりも低い周波数に設定する。さらに、2次のローパスフィルタを使えば、減衰率のパラメータを調整することによって、ブレ補正システムの周波数特性を一部調整することもできる。

【0076】ゲインコントローラ62は、積分器61が2回積分した信号にゲインをかけて、位置指令値を演算するものである。ゲインコントローラ62は、ブレ補正開始直後やブレ補正動作の異常時などに、ゲインの大き

さを可変可能である。また、ゲインコントローラ62

は、レンズ焦点距離や撮影距離などの変化に応じて、ゲ

インの大きさを可変可能である。手ブレによる変位は、例えば、被写体が近距離にないときには、以下の数5によって求めることができる。

$$X = \frac{y f}{l \alpha}$$

【数5】

【0078】ここで、Xは、ブレ補正レンズの必要な駆動量であり、yは、手ブレによる変位であり、fは、レンズ焦点距離であり、lは、手ブレ回転中心からブレ補正レンズまでの距離であり、αは、補正光学系補正定数である。ゲインの大きさは、手ブレ回転中心からブレ補正レンズまでの距離lと、レンズ焦点距離fと、補正光学系補正定数αと、撮影距離などから決定される。ゲインは、以下の数6に示すように、手ブレによる変位yに対するブレ補正レンズ13の必要な駆動量で表すことができる。

【0079】

【数6】

$$G = \frac{f}{l \alpha}$$

【0080】数6に示すように、ゲインGは、手ブレ回転中心からブレ補正レンズまでの距離l、レンズ焦点距離f、補正光学系補正定数αの値で変化し、撮影距離などでも変化する可能性がある。このために、ブレ補正時にこれらの値が読み込まれて、それに対する適切なゲインGの大きさが演算される。また、これらのパラメータに対する適切なゲインの値を、テーブルに記憶しておき、ブレ補正動作時にテーブルからパラメータに応じたゲインの値を読み込んでよい。

【0081】つぎに、本発明の第1実施形態に係るブレ補正装置を搭載したカメラシステムの動作を説明する。図5は、本発明の第1実施形態に係るブレ補正装置を搭載したカメラシステムの動作を説明するフローチャートである。本フローは、図1に示すリリーススイッチ52の半押し動作（撮影準備動作）、又は、半押し動作と同時の全押し動作（撮影準備動作を経ない撮影動作）によって、ブレ補正動作のルーチンを開始する。

【0082】ステップ（以下、Sとする）101において、ブレ補正動作開始と同時に、測距及び測光が開始される。ボディ側CPU50は、図1に示すリリーススイッチ52の半押し動作、又は、半押し動作と同時の全押し動作に基づいて、レンズ側接点60を介して、ブレ補正CPU30にブレ補正開始信号を出力する。同時に、被写体距離検出部43が、被写体までの距離を測り、図示しない測光回路が、被写体の明るさを測る。

【0083】S102において、ブレ補正レンズ13の位置指令値がゼロに固定されるとともに、S103において、制御部3のゲイン及び位置指令値演算部6のゲインがゼロに設定される。ブレ補正CPU30は、図2及び図4に示す制御部3のゲインをゼロに設定するとともに、ゲインコントローラ62によってゲインをゼロに設定するように、位置指令値演算部6に指示する。位置指令値演算部6は、ゲインコントローラ62を制御して、位置指令値をゼロに固定する。

【0084】本発明の第1実施形態に係るブレ補正装置

は、アクチュエータ1、ブレ補正レンズ13及びレンズ枠14を加速度センサとして利用している。このために、制御部3、ドライバ2、アクチュエータ1及び位置検出センサ4からなるフィードバック系では、ブレ補正レンズ13の位置が目標位置に十分に追従する必要がある。ブレ補正レンズ13の位置が目標位置に追従していない状態では、アクチュエータ1の駆動電流を検出しても、手ブレ加速度を検出することができない。電源投入直後は、ブレ補正レンズ13の位置が目標位置に追従するまでに多少の時間がかかる。その結果、この時間内では、加速度を検出することができないために、目標位置を演算することができず、ブレ補正制御が不可能になる可能性がある。同様に、理想駆動電流演算部7内のフィードバック系も、位置の変数が目標の変数に追従している必要がある。

【0085】本発明の第1実施形態に係るブレ補正装置は、レンズ側CPU30がブレ補正開始信号を受信したときに、ブレ補正動作を直ちに開始せずに、ブレ補正レンズ13の目標位置をゼロに固定している。その結果、実際のシステム及び疑似システムのフィードバック系は、レンズ側CPU30がブレ補正開始信号を受信してから所定時間内ではゼロを目標に制御され、所定時間経過後に、加速度が検出可能になってから、手ブレ補正を開始する。

【0086】S104において、LED4b及びPSD4dの回路電源がON動作する。ブレ補正CPU30は、図1に示すLED4b及びPSD4dの処理回路への電源の供給を、図示しない電源回路に指示する。

【0087】S105において、ブレ補正レンズ13のメカロックがOFF動作する。ブレ補正装置は、ブレ補正動作停止時に、ブレ補正レンズ13を所定位置に固定する図示しない固定部材を備えており、ブレ補正CPU30は、ブレ補正レンズ13の固定解除をこの固定部材に指示する。

【0088】S106において、ドライバ2の電源がON動作される。ブレ補正CPU30は、ドライバ2への電源の供給を、図示しない電源回路に指示する。

【0089】S107において、サーボ回路がクローズされる。ブレ補正CPU30は、制御部3のサーボ回路をクローズして、位置指令値がゼロの状態であクチュエータ1の制御を開始する。

【0090】S108において、疑似システムのサーボ回路がクローズされる。ブレ補正CPU30は、実際のサーボ回路の制御と同時に、疑似制御部73のサーボ回路もクローズして、疑似アクチュエータ71の制御を開始する。

【0091】S109において、サーボゲインが所定値まで徐々に上がる。ブレ補正CPU30は、制御部3のゲインを可変制御して、サーボゲインを所定値まで徐々に上げるとともに、疑似制御部73のゲインも可変制御

して、サーボゲインを所定値まで徐々に上げる。

【0092】S110において、実際のシステムの偏差が、所定値よりも小さいか否かが比較される。ブレ補正レンズ13の位置は、目標位置に十分に追従している必要がある。ブレ補正CPU30は、ブレ補正レンズ13の実際の位置と目標位置（位置指令値）との偏差が、予め定めたしきい値よりも小さいか否かを判断するルーチンを、ソフトウェア上で構成している。この偏差が所定値よりも小さいときには、S111に進む。一方、この偏差が所定値以上であるときには、S109に戻り、ブレ補正CPU30は、偏差が小さくなるまでサーボゲインを可変制御する。

【0093】S111において、疑似システムの偏差が、所定値よりも小さいか否かが比較される。ブレ補正CPU30は、疑似システムにおけるブレ補正レンズの実際の位置と目標位置（位置指令値）との偏差が、予め定めたしきい値よりも小さいか否かを判断するルーチンを、ソフトウェア上で構成している。この偏差が所定値よりも小さいときには、S112に進む。一方、この偏差が所定値以上であるときには、S109に戻り、ブレ補正CPU30は、偏差が小さくなるまでサーボゲインを可変制御する。

【0094】本発明の第1実施形態では、ブレ補正CPU30は、半押し動作時にこの偏差と比較するための第1のしきい値と、半押し動作と同時に全押し動作をしたときに、この偏差と比較する第2のしきい値とを備えている。一眼レフカメラでは、撮影者は、半押し動作中に、ブレ補正動作をファインダ91上で確認した後に、露光を行っている。半押し動作中は、像が不連続に動かないように、ブレ補正レンズ13を不連続に駆動しないように制御する必要があるが、露光までの時間があるために、ブレ補正動作を比較的ゆっくり開始してもよい。一方、半押し動作と同時に全押し動作をしたときには、すぐに露光が開始するために、なるべく早くブレ補正動作を開始する必要がある。このために、像の動きのスムーズさを多少犠牲にしても、ブレ補正動作を早く開始することが好ましい。

【0095】また、レンズシャッターカメラでは、ファインダでブレ補正動作を確認することがない。このために、一眼レフカメラにおいて、半押し動作と同時に全押し動作をしたときと同様に、ブレ補正レンズの動きのスムーズさを多少犠牲にしても、ブレ補正動作を早く開始することが好ましい。その結果、本発明の第1実施形態では、第1のしきい値は、第2のしきい値よりも小さな値に設定している。

【0096】S112において、焦点距離 f 及び撮影距離が検出される。焦点距離検出部42は、例えば、ズーム環に設けたエンコーダなどによって、焦点距離 f を検出する。レンズ側CPU40は、焦点距離検出部42が検出した焦点距離情報を、ブレ補正CPU30に送信す

る。撮影距離は、例えば、AFセンサの測距結果に基づいて検出されたり、合焦レンズの繰り出し量や距離環の回転量に対応する信号を出力するロータリエンコーダなどによって演算されて、プレ補正CPU30に送信される。

【0097】S113において、補正光学系補正定数 α が演算される。プレ補正CPU30は、焦点距離 f に応じて、補正光学系補正定数 α を演算する。

【0098】S114において、位置指令値演算部6は、焦点距離 f 、撮影距離及び補正光学系補正定数 α に基づいて、ゲイン G を演算する。

【0099】S115において、プレ補正レンズ13の位置指令値が、位置指令値演算部6が演算した位置指令値にゼロから切り替えられる。プレ補正CPU30は、ゼロに固定していた位置指令値を、演算した位置指令値に切り替えるように、位置指令値演算部6に指示する。

【0100】S116において、位置指令値演算部6のゲインが徐々に上げられる。プレ補正CPU30は、ゲインを徐々に上げるように、位置指令値演算部6に指示し、位置指令値演算部6は、ゲインコントローラ62を制御して、ゲインをゼロから徐々に上げる。

【0101】S117において、位置指令値演算部6のゲインが、演算した所定値になったか否かが判断される。プレ補正CPU30は、位置指令値演算部6のゲインが、S114において演算した所定値と同じになったか否かを判断する。位置指令値演算部6のゲインが、所定値と同じになったときには、S118に進む。位置指令値演算部6のゲインが、所定値を下回るときには、S116に戻り、位置指令値演算部6は、ゲインコントローラ62を制御して、ゲインをさらに上げる。

【0102】S118において、露光が許可され、S119において、半押しタイマがスタートする。ボディ側CPU50は、図示しない半押しタイマをスタートする。

【0103】S120において、半押しタイマがタイムアウトしたか否かが判断される。ボディ側CPU50は、半押しタイマが所定時間を経過したか否かを判断し、半押しタイマがタイムアウトしたときには、S121に進み、半押しタイマがタイムアウトしなかったときには、S125に進む。

【0104】S121において、リリーススイッチ52が全押し動作したか否かが判断される。ボディ側CPU50は、リリーススイッチ52が全押し動作したか否かを判断し、リリーススイッチ52が全押し動作したときには、S122に進む。リリーススイッチ52が全押し動作しなかったときには、S120に戻り、ボディ側CPU50は、半押しタイマがタイムアウトしたか否かを繰り返し判断する。

【0105】S122において、ボディ側CPU50は、ミラー駆動部94にミラーアップを指示する。ミラ

ー駆動部94は、図1に示す鎖線位置までミラー94を駆動する。そして、S123において、露光が開始される。

【0106】S124において、ボディ側CPU50は、ミラー駆動部94にミラーダウンを指示する。ミラー駆動部94は、ミラー94を鎖線位置から実線位置まで駆動する。そして、S124において、露光が終了される。

【0107】S125において、位置指令値演算部6のゲインがゼロに設定される。プレ補正CPU30は、ゲインコントローラ62によってゲインをゼロに設定するように、位置指令値演算部6に指示する。位置指令値演算部6は、ゲインコントローラ62を制御して、位置指令値をゼロに設定する。

【0108】S126において、サーボゲインがゼロに設定される。プレ補正CPU30は、制御部3のゲインをゼロに設定する。

【0109】S127において、ドライバ2への電源がOFF動作される。プレ補正CPU30は、ドライバ2への電源の供給停止を、図示しない電源回路に指示する。

【0110】S128において、プレ補正レンズ13のメカロックがON動作する。プレ補正CPU30は、プレ補正レンズ13を所定位置で固定するように、固定部材に指示する。位置指令値演算部6、理想的駆動電流演算部7、プレ補正動作のルーチンを終了して、本フローが終了する。

【0111】つぎに、本発明の第1実施形態に係るプレ補正装置においてプレ補正制御が不可能になったときの動作を説明する。図6は、本発明の第1実施形態に係るプレ補正装置においてプレ補正制御が不可能になったときの動作を説明するフローチャートである。

【0112】S201において、アクチュエータ1の駆動電流がしきい値以上になったか否かが判断される。プレ補正CPU30は、アクチュエータ1に流れる駆動電流をモニタして、この駆動電流の絶対値又は絶対値の移動平均が、所定時間以上、所定値よりも大きいときには、プレ補正制御が不可能な状態であると判断する。位置指令値演算部6は、ソフトウェアで構成されているために、この駆動電流は、A/D変換されている。このために、特別な電流センサなどを設けなくても、位置指令値演算部6は、この駆動電流をマイコン上でモニタすることができる。アクチュエータ1の駆動電流がしきい値以上であるときには、S206に進み、アクチュエータ1の駆動電流がしきい値を下回るときには、S202に進む。

【0113】S202において、プレ補正レンズ13の位置が可動範囲のリミット以上であるか否かが判断される。プレ補正CPU30は、位置検出センサ4が出力する位置検出信号をモニタして、プレ補正レンズ13が可

動範囲の限界に達したか否かを判断する。ブレ補正 CPU 30 は、ブレ補正レンズ 13 が可動範囲のリミット以上であるとき、又は、ブレ補正レンズ 13 が所定時間以上、リミット以上であるときには、ブレ補正制御が不可能であると判断する。ブレ補正レンズ 13 の位置が可動範囲のリミット以上であるときには、S203 に進み、ブレ補正レンズ 13 の位置が可動範囲のリミットを下回るときには、S208 に進む。

【0114】S203 において、位置指令値演算部 6 のゲインが下げられる。ブレ補正 CPU 30 は、ゲインを 10 下げるように位置指令値演算部 6 に指示し、位置指令値演算部 6 は、ゲインコントローラ 62 を制御して、ゲインを一旦ゼロまで下げる。

【0115】S204 において、積分器 61 がリセットされる。ブレ補正 CPU 30 が積分器 61 をリセットする。

【0116】S205 において、位置指令値演算部 6 のゲインが所定値まで上げられて、ブレ補正が続行される。ブレ補正 CPU 30 は、ゲインを上げるように位置 20 指令値演算部 6 に指示し、位置指令値演算部 6 は、ゲインコントローラ 62 を制御して、ゼロから所定値までゲインを再び上げる。その結果、ブレ補正制御が不可能な状態からブレ補正制御が正常な状態に復帰して、ブレ補正制御を続行することができる。

【0117】S206 において、ドライバ 2 への電源が OFF 動作され、S207 において、ブレ補正動作が終了される。ブレ補正 CPU 30 は、ドライバ 2 への電源の供給停止を、図示しない電源回路に指示して、ブレ補正動作を終了する。

【0118】S208 において、位置指令値がブレ補正 30 レンズ 13 の可動範囲のリミット以上であるか否かが判断される。ブレ補正 CPU 30 は、位置指令値演算部 6 が演算した位置指令値をモニタして、ブレ補正レンズ 13 の可動範囲の限界に、この位置指令値が達したか否かを判断する。位置指令値演算部 6 は、位置指令値をマイコン上で計算し、D/A 変換器を通して出力するために、特別なハードウェアがなくてもマイコン上で位置指令値をモニタすることができる。ブレ補正 CPU 30 は、位置指令値がブレ補正レンズ 13 の可動範囲のリミット以上であるとき、又は、位置指令値が所定時間 40 以上、リミット以上であるときには、ブレ補正制御が不可能であると判断する。位置指令値がブレ補正レンズ 13 の可動範囲のリミット以上であるときには、S203 に進む。ブレ補正レンズ 13 の可動範囲のリミットを位置指令値が下回るときには、S209 に進み、ブレ補正動作が続行される。

【0119】本発明の第 1 実施形態に係るブレ補正装置は、以下に記載するような効果を有する。

(1) 本発明の第 1 実施形態は、アクチュエータ 1、ブレ補正レンズ 13 及びレンズ枠 14 を加速度センサと 50

して利用している。理想的駆動電流演算部 7 は、実際のシステムと同様の挙動をする疑似システムを備えており、手ブレ加速度がなかったときの理想的駆動電流を演算する。位置指令値演算部 6 は、ブレ補正レンズ 10 がブレによる加速度を受けたときの駆動電流と理想的駆動電流との差分を演算して、手ブレ加速度に相当する加速度信号を演算する。このために、角速度センサや加速度センサなどの高価な特別のセンサがなくても、ブレ補正装置を構成することができるとともに、高精度にブレを補正することができる。その結果、このブレ補正装置を搭載した安価なカメラを、製造することができる。また、角速度センサや加速度センサなどに電源を供給する必要がないために、消費電力の低減を図ることができる。

【0120】(2) 本発明の第 1 実施形態は、アクチュエータ 1 に関する固有角振動数 ω_n 、減衰定数 ξ 、アクチュエータ駆動能力定数 β 及び温度補正係数などを記憶する EEPROM 10 を備えている。このために、EEPROM 10 は、これらの定数を調整時などに記憶することができるとともに、理想的駆動電流演算部 7 内に高精度のモデルを設けて、ブレを正確に補正することができる。

【0121】(3) 本発明の第 1 実施形態は、温度検出部 15 が検出した温度情報と、EEPROM 10 が記憶する温度補正係数とに基づいて、固有角振動数 ω_n 、減衰定数 ξ 及びアクチュエータ駆動能力定数 β を、理想的駆動電流演算部 7 によって補正することができる。このために、EEPROM 10 に調整時において記憶したこれらの定数を、検出した温度に応じて補正することによって、温度特性を補正し、理想的駆動電流演算部 7 を高精度なモデルにすることができる。

【0122】(4) 本発明の第 1 実施形態は、重力加速度に相当する信号成分を重力加速度演算部 63 が演算して、手ブレ加速度に相当する加速度信号を積分器 61 が積分している。このために、重力などの外乱に対して安定したブレ補正装置を実現することができる。また、DC 成分や低周波成分を積分しない積分器 61 を設けることによって、DC 成分のゲインを低く抑えることができるとともに、発散にくい安定したブレ補正動作を実現することができる。

【0123】(5) 本発明の第 1 実施形態は、ブレ補正開始信号を受信して、ブレ補正レンズ 13 の実際の位置と目標位置との偏差が所定値よりも小さくなった後に、位置指令値演算部 6 が演算した位置指令値に基づいて、アクチュエータ 1 を制御部 3 が駆動制御している。このために、ブレ補正動作の起動時にブレ補正制御を直ちに開始して、ブレ補正制御が不可能になるのを防止することができる。また、ブレ補正制御を安定して行って、ブレ補正レンズ 13 をスムーズに起動することができる。また、この偏差が所定値よりも小さくなる時間が

短いときには、ブレ補正動作を素早く開始することができるのと同時に、この時間が長くても、偏差が所定値よりも小さくなるまで待つことによって、ブレを確実に補正することができる。

【0124】(6) 本発明の第1実施形態は、ブレ補正レンズ13の実際の位置と目標位置との偏差を、半押し動作時に比較するための第1のしきい値と、半押し動作と同時に全押し動作をしたときに、この偏差と比較するための第2のしきい値とを備えている。ブレ補正開始時におけるブレ補正レンズ13の動きは、この偏差の度合いによってスムーズさが異なる。このために、ブレ補正CPU30は、半押し動作時には、値の小さい第1のしきい値とこの偏差とを比較して、多少時間がかかっても、この偏差が小さくなってからブレ補正動作を開始している。その結果、ブレ補正レンズ13が不連続に駆動するのを確実に防止することができる。また、ブレ補正CPU30は、半押し動作と同時に全押し動作となったときには、値の大きい第2のしきい値とこの偏差とを比較している。その結果、この偏差が多少大きくても、ブレ補正動作を開始するのに問題のないレベルであるときには、ブレ補正動作を開始することで露光を早く開始することができる。

【0125】(7) 本発明の第1実施形態は、ゲインを可変可能なゲインコントローラ62を位置指令値演算部6が備えている。ブレ補正レンズ13の実際の位置と目標位置との偏差が小さくなって、ブレ補正を開始するときに、例えば、ステップ状に位置指令値が急激に変化すると、ブレ補正制御が不可能になる可能性がある。このために、ゲインコントローラ62は、ブレ補正を開始するときに、十分に補正可能な所定値まで連続的にゲインをゼロから変化している。その結果、ブレ補正制御が不可能にならないように、ブレ補正効果を徐々に大きくして、ブレ補正動作をスムーズに行ったり露光を開始することができる。

【0126】また、位置指令値演算部6は、ブレ補正レンズ13に加わる加速度を高精度に検出しているために、フォーカシング時のレンズ駆動による振動などによって、動作が不安定になる可能性がある。また、位置指令値演算部6のゲインGは、撮影距離に応じて変化する。距離エンコーダなどを備える交換レンズでは、レンズ駆動を終了したときに、撮影距離を知ることができる。位置指令値演算部6は、レンズ駆動の終了と同時に、ゲインコントローラ62によってゲインを大きくして、ブレ補正を開始することができる。

【0127】(8) 本発明の第1実施形態は、ブレ補正制御が不可能な状態になったときには、位置指令値演算部6のゲインを一旦ゼロに下げた後に、所定値までゲインを再び上げている。カメラの姿勢が急激に変化すると、ブレ補正レンズ13の位置が可動範囲の限界を越えて、ブレ補正制御が不可能になる可能性がある。このた

めに、ブレ補正CPU30は、ゲインを一旦ゼロにするように位置指令値演算部6に指示し、アクチュエータ1がブレ補正レンズ30をゼロ位置に戻してから、ゲインを再び上げるように位置指令値演算部6に指示している。その結果、ブレ補正制御が何らかの原因で制御不能になって、ブレを補正できなくなっても、ブレ補正制御が不可能な状態から正常な状態に素早く復帰し、ブレ補正を速やかに再開することができる。

【0128】(9) 本発明の第1実施形態に係るブレ補正装置は、ブレ補正を十分に行っているときには、その旨を撮影者に知らせるための表示部53を備えている。ブレ補正レンズ13の実際の位置と位置指令値との偏差が所定値よりも大きいとき、ゲインを徐々に上げているとき、ブレ補正制御が不可能なとき、ブレ補正レンズ13がリミット部材に当たっているときなどには、ブレを補正することができない。ブレ補正CPU30は、例えば、図示しないブレ補正モードスイッチがON動作しており、かつ、位置指令値演算部6のゲインが所定値まで上がっているときには、ブレ補正動作が正常であると判断することができる。表示部53は、ブレ補正動作が正常であるときには、ファインダ91内にその旨を表示するために、撮影者は、ブレ補正動作を行っていることを確認しながら、撮影を行うことができる。

【0129】(第2実施形態) 図7は、本発明の第2実施形態に係るブレ補正装置における理想的駆動電流演算部内の信号の流れを示すブロック図である。以下では、図1～図4に示した部材又はブロックと同一の部材又はブロックは、同一の番号を付して説明し、その詳細な説明は省略する。

【0130】本発明の第2実施形態に係るブレ補正装置は、第1実施形態と異なり、図1及び図2に示すドライバ2をPWMドライバに代えて、入力した電圧に比例した電流を出力する電流ドライバを用いた他の実施形態である。理想的駆動電流演算部7は、ドライバ2に電流ドライバを用いたときには、逆起電力を考慮に入れずにモデルを作ることができ、このモデルは、定数のみで表すことができる。

【0131】本発明の第2実施形態は、PWMドライバに代えて電流ドライバを用いているために、図3に示す逆起電圧モデル75を省略することができる。また、ドライバに入力する信号を駆動電流として利用することができるために、図1及び図2に示す駆動電流測定装置5が不要となって、ブレ補正装置を簡単に構成することができる。

【0132】(第3実施形態) 図8は、本発明の第3実施形態に係るブレ補正装置における信号の流れを示すブロック図である。以下では、図1～図4に示した部材又はブロックと同一の部材又はブロックは、同一の番号を付して説明し、その詳細な説明は省略する。

【0133】本発明の第3実施形態に係るブレ補正装置

は、第 1 実施形態及び第 2 実施形態と異なり、重力によって生ずる加速度成分を含むアクチュエータ 1 の駆動電流から、手ブレによる加速度成分を取り出すときの他の実施形態である。本発明の第 3 実施形態に係るブレ補正装置は、手ブレによる加速度を検出してブレを補正するために、重力加速度の影響を強く受ける。重力加速度は、手ブレによって生ずる加速度よりもはるかに大きいために、ブレ補正レンズ 1 3 の駆動方向への重力加速度の成分は、カメラの僅かな姿勢変化によっても、無視できない大きさの変動を受ける。このために、アクチュエータ 1 の駆動電流は、大きな変動を受けて、手ブレによる微小な信号は、重力による大きな信号に埋もれてしまう。

【0134】DC カットフィルタ 8 は、低周波で変動する加速度成分を重力による成分とみなして、アクチュエータ 1 の駆動電流を DC カットするフィルタである。DC カットフィルタ 8 は、例えば、オペアンプ、抵抗及びコンデンサで構成したアナログフィルタである。

【0135】A/D 変換器 9 は、DC カットフィルタ 8 の出力信号を A/D 変換するためのものである。また、理想的駆動電流演算部 7 は、実際の DC カットフィルタ 8 と同様の特性を有する疑似 DC カットフィルタ 7 8 を備えている。

【0136】本発明の第 3 実施形態に係るブレ補正装置は、第 1 実施形態及び第 2 実施形態の効果に加えて、以下の効果を有する。

(1) 本発明の第 3 実施形態は、アクチュエータ 1 の駆動電流を A/D 変換器 9 によって A/D 変換する前に、DC カットフィルタ 8 によってこの駆動電流から DC 成分を除去している。アクチュエータ 1 の駆動電流を DC カットしないで A/D 変換すると、重力加速度に埋もれる手ブレによる加速度信号を検出するために、非常に大きなダイナミックレンジを有する A/D 変換器が必要となる。本発明の第 3 実施形態は、DC カット後に A/D 変換を行っているために、重力成分の多くを取り除くことができるとともに、コスト面や変換速度の面で有利となる。また、小さな手ブレによる信号のみを A/D 変換するために、A/D 変換の精度上有利であるとともに、大きなダイナミックレンジを有し、高価で変換速度の遅い A/D 変換器を使用する必要がない。

【0137】(2) 本発明の第 3 実施形態は、理想的駆動電流演算部 7 が疑似 DC カットフィルタ 7 8 を備えているために、実際のアクチュエータ 1 及び制御部 3 のサーボ回路と理想的駆動電流演算部 7 内のモデルとを同じにすることができる。

【0138】(第 4 実施形態) 図 9 は、本発明の第 4 実施形態に係るブレ補正装置における理想的駆動電流演算部内の信号の流れを示すブロック図である。以下では、図 1 ～図 4 に示した部材又はブロックと同一の部材又はブロックは、同一の番号を付して説明し、その詳細な説

明は省略する。

【0139】本発明の第 4 実施形態に係るブレ補正装置は、本発明の第 1 実施形態～第 3 実施形態と異なり、アクチュエータ 1、ドライバ 2、制御部 3 及び位置検出センサ 4 などのモデルをつないだ後の全体を、一つにまとめてソフトウェア上で表現した他の実施形態である。

【0140】理想的駆動電流演算部 7 は、図 9 に示すようなモデルを表現して、マイクロプロセッサなどで理想的駆動電流を演算する。この場合に、全体のモデルが備える特性を伝達関数の形で表すと、それぞれのブロックの定数、伝達関数を使って、ラプラス変換後の表示で以下の数 7 のように表現することができる。

【0141】

【数 7】

$$F(s) = CA / (1 + PCAM)$$

【0142】ここで、 $F(s)$ は、理想的駆動電流演算部の伝達関数であり、 C は、制御部の伝達関数であり、 M は、アクチュエータの伝達関数であり、 A は、ドライバの伝達関数であり、 P は、位置検出センサの定数である。

【0143】本発明の第 4 実施形態は、これらの伝達関数から求めた周波数特性が、手ブレ補正に使用する周波数帯域で同じ周波数特性をもつように、モデルを記述している。理想的駆動電流演算部 7 は、数 7 に示す特性を備えるデジタルフィルタと同様な形にまとめて演算を行う。この場合に、理想的駆動電流演算部 7 は、サンプリングした位置指令値が入力し、理想的駆動電流を出力する。理想的駆動電流演算部 7 は、その特性を実現するいくつかの係数の配列でデジタルフィルタを表現する。理想的駆動電流演算部 7 は、アクチュエータ 1 を含む実際のシステムに合うように、これらの配列を選び EEPROM 1 0 に記憶するとともに、これらの配列をブレ補正時に読み出して、理想的駆動電流を演算する。

【0144】本発明の第 4 実施形態は、モデル全体を一つにまとめて表現しているために、一つのブロックとしてコンパクトにモデルを記述することができる。また、演算速度を向上することができる。

【0145】(第 5 実施形態) 図 1 0 は、本発明の第 5 実施形態に係るブレ補正装置における信号の流れを示すブロック図である。以下では、図 1 ～図 4 に示した部材又はブロックと同一の部材又はブロックは、同一の番号を付して説明し、その詳細な説明は省略する。

【0146】本発明の第 5 実施形態は、本発明の第 1 実施形態～第 4 実施形態と異なり、ソフトリミット部 1 1 と、センタリングバイアステーブル部 1 2 とを設けた他の実施形態である。

【0147】ソフトリミット 1 1 は、ブレ補正レンズ 1 3 をその可動範囲よりも狭い範囲内で駆動するために、位置指令値を修正するものである。ソフトリミット 1 1

は、位置指令値がある範囲を越えて入力したときに、この位置指令値が飽和するように修正して、修正位置指令値を出力するものである。ソフトリミット 11 は、制御部 3 及び理想的駆動電流演算部 7 に、同じ値の修正位置指令値を同時に出力する。制御部 3 は、この修正位置指令値に基づいて、アクチュエータ 1 を駆動制御し、理想的駆動電流演算部 7 は、この位置指令値に基づいて、理想的駆動電流を演算する。

【0148】センタリングバイアステーブル 12 は、位置検出信号がある範囲を越えて入力したときに、ブレ補正レンズ 13 が可動範囲の中心又はその近傍で駆動するように、この位置検出信号を修正して、修正位置検出信号を出力するものである。センタリングバイアステーブル 12 は、図 10 に示すように、入力した位置検出信号が所定範囲内にあるときには、修正位置検出信号をゼロにして出力する。センタリングバイアステーブル 12 は、入力した位置検出信号が所定範囲を越えるときには、可動範囲の中心又はその近傍に向けてブレ補正レンズ 13 を引き戻すフィードバックがかかるように、修正位置検出信号を徐々に大きな値にして出力する。センタリングバイアステーブル 12 は、ゲインコントローラ 62 の出力信号から修正位置検出信号を減算した信号を、位置指令値としてソフトリミット 11 に出力する。

【0149】本発明の第 5 実施形態に係るブレ補正装置は、第 1 実施形態～第 4 実施形態の効果に加えて、以下の効果を有する。

(1) アクチュエータ 1、ブレ補正レンズ 13 及びレンズ枠 14 を角速度センサとして兼用するためには、実際のシステム及び疑似システムが同じ目標位置に対して、同じように追従する必要がある。しかし、実際のシステムは、ブレ補正レンズ 13 の可動範囲の限界に、機械的なリミット部材を備えており、位置指令値の振幅がこのリミットを越えると、ブレ補正レンズ 13 がこのリミット部材に当たってしまう。その結果、実際のシステムと疑似システムの動作が全く異なってしまうために、加速度を検出できず、ブレ補正動作が不可能になってしまう。

【0150】本発明の第 5 実施形態は、ブレ補正レンズ 13 がリミット部材に当たる前に、位置指令値を一定レベルで制限（ある値でクリップ）するソフトリミット 11 を備えている。このために、ブレ補正レンズ 13 をその可動範囲よりも狭い範囲内で駆動することができる。その結果、実際のシステムと疑似システムの動作が同じになるために、ブレ補正レンズ 13 がリミット部材に当たって、ブレ補正動作が不可能になるのを防止することができる。

【0151】(2) 本発明の第 5 実施形態は、ソフトリミット 11 によって位置指令値を修正する前に、ブレ補正レンズ 13 が可動範囲の限界に近づいたときに、この可動範囲の中心又はその近傍にブレ補正レンズ 13 を

引き戻すセンタリングバイアステーブル 12 を備えている。このために、ファインダ 91 上における像の不連続で不自然な動きを小さくすることができる。

【0152】本発明は、以上説明した実施形態に限定するものではなく、以下に記載するように、種々の変形又は変更が可能であって、これらも本発明の均等の範囲内である。

(1) 駆動電流測定装置 5 は、駆動電流を直接検出する場合に限定するものではなく、間接的に検出してもよい。また、駆動電流測定装置 5 は、電流センサによって駆動電流を測定してもよい。

【0153】(2) 位置指令値演算部 6 は、積分器 61 によって積分した後に、ゲインコントローラ 62 によってゲインを掛けているが、積分とゲインの順番は逆であってもよい。

【0154】(3) 理想的駆動電流演算部 7 は、オペアンプなどのアナログフィルタによって構成してもよい。理想的駆動電流演算部 7 は、そのモデルをアナログ回路で構成するときには、アクチュエータ 1、ドライバ 2、制御部 3 及び位置検出センサ 4 に対応する演算回路をそれぞれオペアンプで構成し、これらをつなぎ合わせてフィードバックループを作ることができる。また、理想的駆動電流演算部 7 は、位置指令値を回路に入力して、駆動電流を表す信号を取り出すことで実現することができる。

【0155】理想的駆動電流演算部 7 は、数 2 に示すように、2 次の遅れ系のモデルを例に挙げて説明しているが、3 次以上の遅れ系のモデルであってもよい。また、理想的駆動電流演算部 7 は、温度検出部 15 が検出した温度と温度補正係数とに基づいて、固有角振動数 ω_n 、減衰定数 ζ 、アクチュエータ駆動能力定数 β などの一部を補正してもよい。

【0156】(4) DC カットフィルタ 8 は、ソフトウェアで構成したデジタルフィルタであってもよく、アクチュエータ 1 の駆動電流を A/D 変換して取り込んだ後に、DC カットをしてもよい。また、DC カットフィルタ 8 に代えて、重力による駆動電流を演算によって推定し、アクチュエータ 1 の駆動電流から重力による信号成分を減算してもよい。この場合には、ソフトウェア上で推定した重力による信号成分を、D/A 変換器によってアナログ値として出力し、アクチュエータ 1 の駆動電流からこの重力による信号成分をアナログ的に減算した後に、A/D 変換をすればよい。さらに、アクチュエータ 1 の駆動電流から重力による信号成分を、D/A 変換後にソフトウェア上で減算してもよい。

【0157】重力による信号成分を推定するアルゴリズムは、DC カットフィルタ 8 よりも、ソフトウェアで構成したほうが演算の自由度が高いために、重力により信号成分を効果的に減算できる可能性がある。ブレ補正レンズ 13 の実際の位置と位置指令値との偏差は、重力に

よりサーボがかかっている状態でも僅かに生ずるために、重力により信号成分を推定するアルゴリズムとしては、例えば、この偏差の方向と大きさをみて、重力による信号成分を推定する方法がある。

【0158】(5) EEPROM10は、フラッシュメモリ、PROM、EPROMなどの不揮発性半導体メモリなどの書換え可能な記憶素子であってもよい。

【0159】(6) センタリングバイアステーブル12は、図10に示すようなテーブルに代えて、演算によって修正位置検出信号を出力するものであってもよい。

【0160】(7) プレ補正CPU30は、プレ補正レンズ13の実際の位置と位置指令値との偏差が、所定値よりも小さいか否かを判定しているが、プレ補正開始信号を受信してから所定時間を経過したか否かを判断してもよい。この場合には、プレ補正開始信号を受信してからプレ補正を直ちに開始するのではなく、プレ補正開始信号を受信してから所定時間は、位置指令値をゼロに固定する。そして、実際のシステム及び疑似システムのフィードバック系をクローズして、ゼロに固定していた位置指令値を所定時間経過後に、位置指令値演算部6が演算した位置指令値に切り替えて、プレ補正動作を開始する。

【0161】(8) ゲインコントローラ62は、位置指令値演算部6が演算した所定値とゼロとの間でゲインを可変しているが、ゼロに限定するものではなく、他の小さな値と所定値との間でゲインを可変してもよい。また、図6に示すS206において、アクチュエータ1の駆動電流がしきい値以上であるときには、ドライバ2への電源供給をOFF動作しているが、これに限定するものではない。例えば、プレ補正CPU30は、位置指令値演算部6にゲインをゼロに下げるように指示し、S203以降の処理を行ってもよい。

【0162】(9) 本発明の実施形態は、ボディ側CPU50、レンズ側CPU40及びプレ補正CPU30を備えるカメラを例に挙げて説明したが、各CPUは、他のCPUを兼用してもよい。例えば、レンズ、ボディ一体型のカメラについては、1つのCPUに全ての機能を持たせてもよい。また、本発明の実施形態は、一眼レフカメラにプレ補正装置を搭載した例を挙げて説明したが、レンズシャッターカメラ（コンパクトカメラ）にも、本発明を適用することができる。さらに、本発明は、ビデオカメラや双眼鏡などの光学装置についても、適用することができる。

【0163】

【発明の効果】以上詳しく説明したように、本発明によれば、角速度センサや加速度センサなどの高価な特別なセンサを用いずに、プレ補正装置のコストダウンを図ることができるとともに、高精度にプレを補正することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係るプレ補正装置を搭載したカメラシステムのブロック図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係るプレ補正装置における信号の流れを示すブロック図である。

【図3】本発明の第1実施形態に係るプレ補正装置における理想的駆動電流演算部の信号の流れを示すブロック図である。

【図4】本発明の第1実施形態に係るプレ補正装置における位置指令値演算部のブロック図である。

10 【図5】本発明の第1実施形態に係るプレ補正装置を搭載したカメラシステムの動作を説明するフローチャートである。

【図6】本発明の第1実施形態に係るプレ補正装置においてプレ補正制御が不可能になったときの動作を説明するフローチャートである。

【図7】本発明の第2実施形態に係るプレ補正装置における理想的駆動電流演算部の信号の流れを示すブロック図である。

20 【図8】本発明の第3実施形態に係るプレ補正装置における信号の流れを示すブロック図である。

【図9】本発明の第4実施形態に係るプレ補正装置における理想的駆動電流演算部の信号の流れを示すブロック図である。

【図10】本発明の第5実施形態に係るプレ補正装置における信号の流れを示すブロック図である。

【図11】従来のプレ補正装置を搭載したカメラシステムの斜視図である。

【図12】従来のプレ補正装置における信号の流れを示すブロック図である。

30 【符号の説明】

1 アクチュエータ

2 ドライバ

3 制御部

4 位置検出センサ

5 駆動電流測定装置

6 位置指令値演算部

7 理想的駆動電流演算部

8 DCカットフィルタ

9 A/D変換器

40 10 EEPROM

11 ソフトリミット

12 センタリングバイアステーブル

13 プレ補正レンズ

30 プレ補正CPU

61 積分器

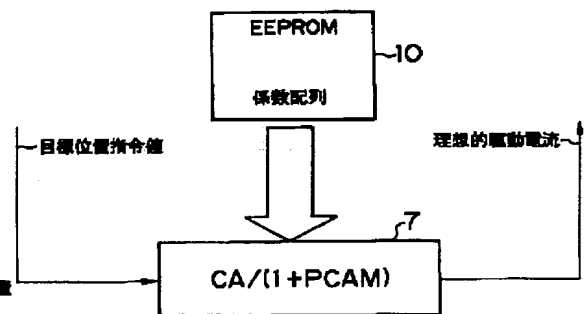
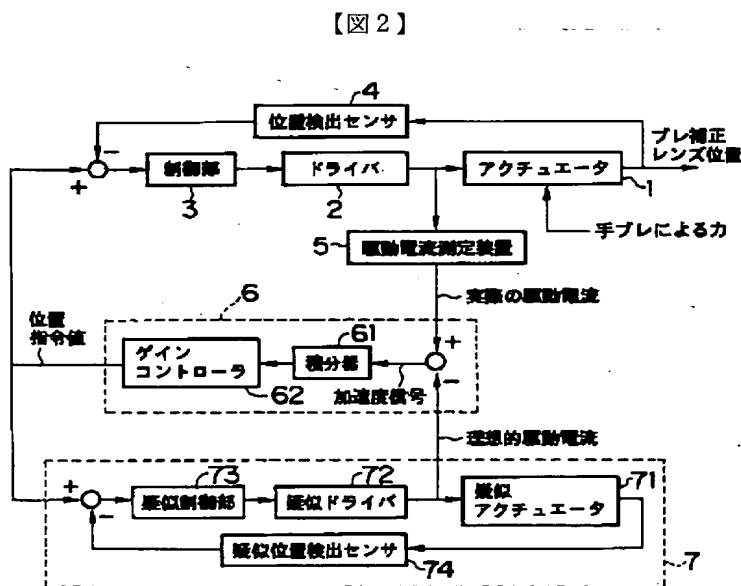
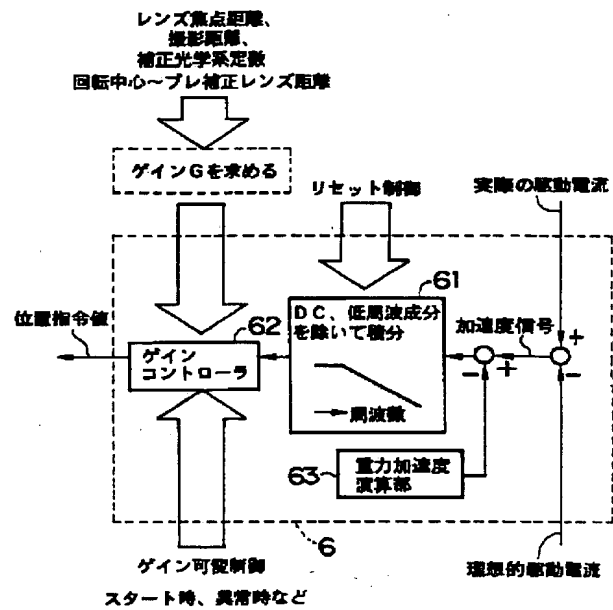
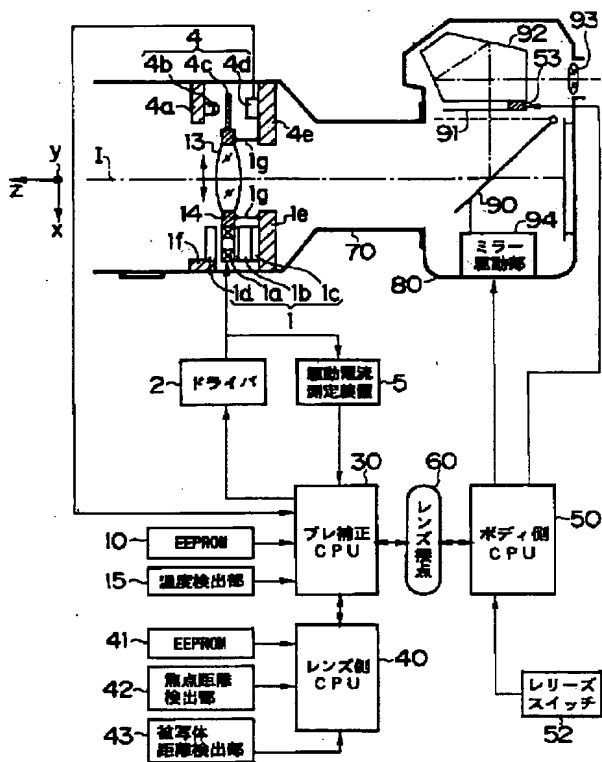
62 ゲインコントローラ

63 重力加速度演算部

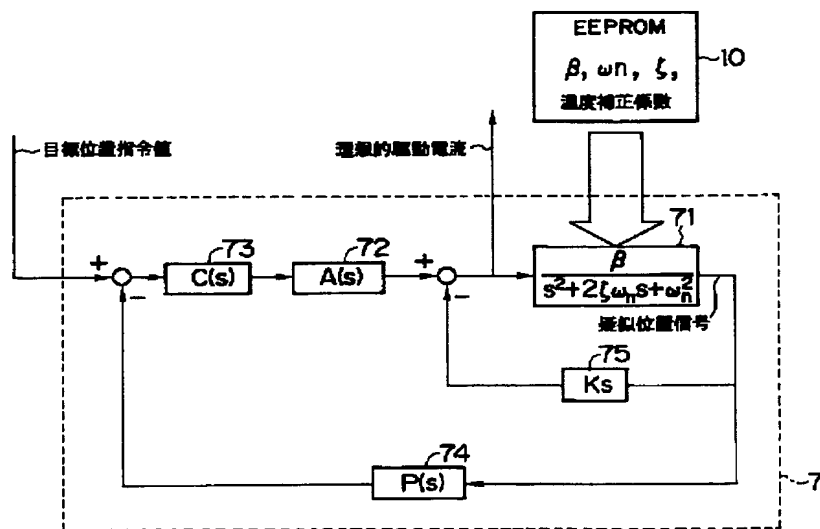
71 疑似アクチュエータ

72 疑似ドライバ

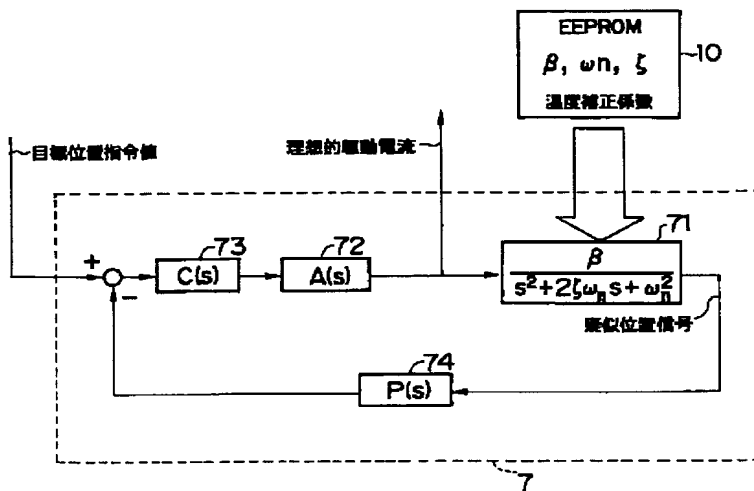
50 73 疑似制御部



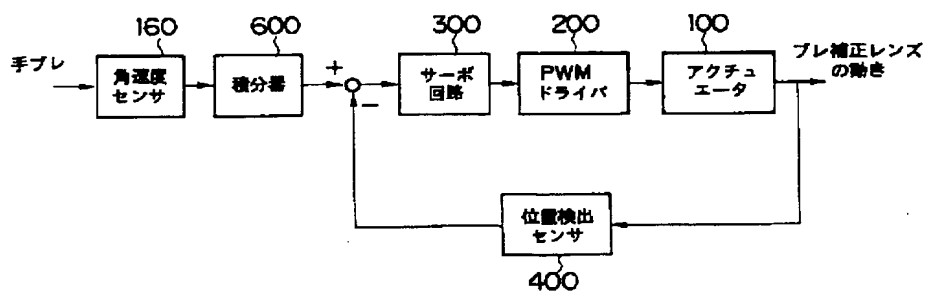
【図 3】



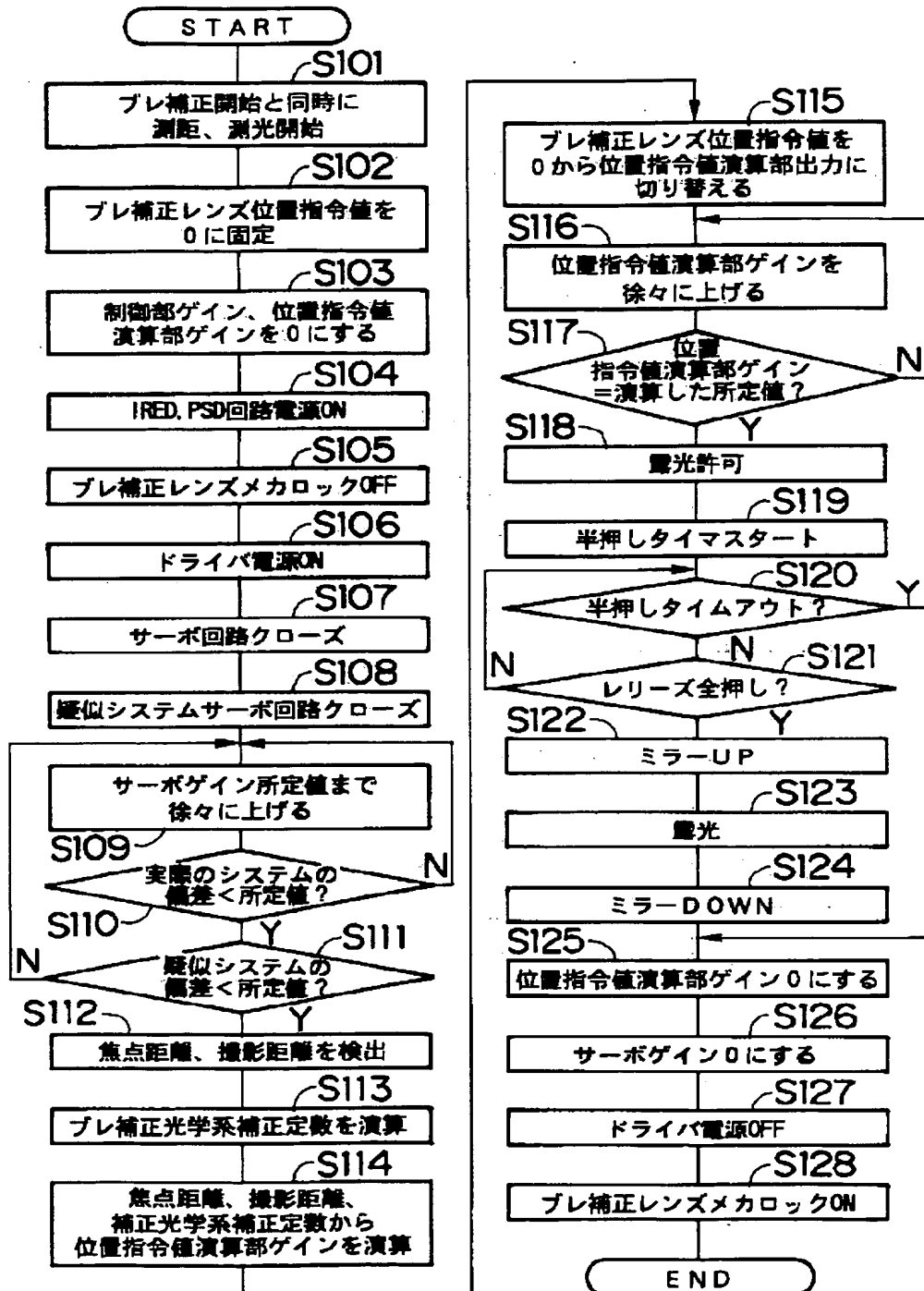
【図 7】



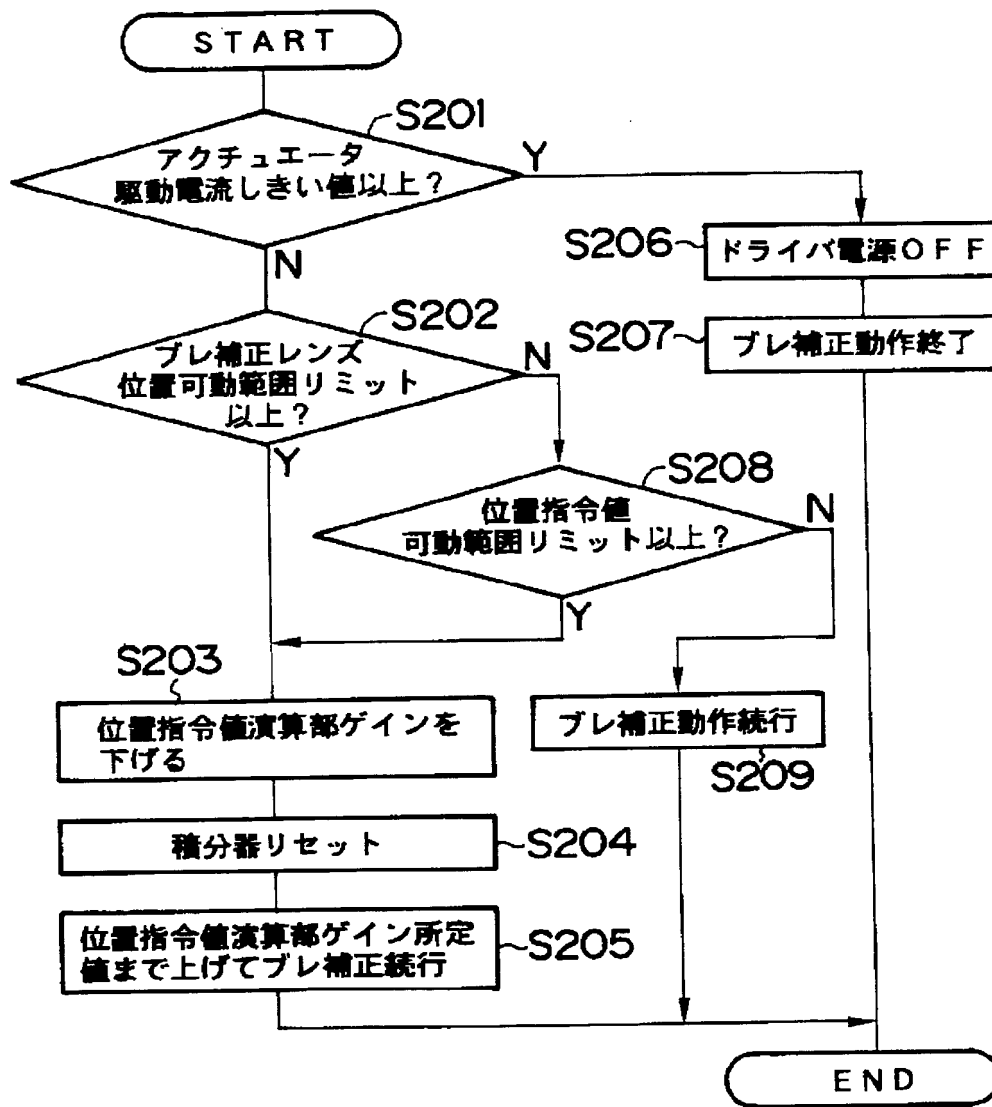
【図 12】



【図5】



【図6】



【図 10】

